

УДК 621.777.4

А. В. Алифанов, доктор технических наук, профессор (БрГУ), заведующий отделом (ФТИ НАН Беларуси); **А. М. Милюкова**, заведующая лабораторией (ФТИ НАН Беларуси);
Н. В. Бурнос, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛО- И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДАМИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

В статье содержатся результаты исследований по разработке конструкции режущего инструмента, состоящего из двух металлов, свойства которых различны. Проведенные исследования подтвердили возможность их использования в разных технологических процессах обработки металлов и древесины.

In this article results researches on working out of a design of the cutting tool consisting of two metals which properties are various contain. The conducted researches have confirmed possibility of their use in various technological processes of processing of metals and wood.

Введение. Осовой (концевой) режущий инструмент является одним из наиболее применяемых в металло- и деревообработке. Этот инструмент изготавливается из дорогостоящих высоколегированных сталей или твердых сплавов, и поэтому очень актуальным является вопрос снижения расхода этих материалов путем изготовления концевой инструмента в биметаллическом исполнении или составным.

В физико-техническом институте НАН Беларуси разрабатываются методы получения биметаллического концевой режущего инструмента, состоящего из рабочей (режущей) части (сталь Р6М5) и хвостовика (сталь 40Х), горячим пластическим деформированием через профильную матрицу, при этом одновременно с деформированием стружечных канавок происходит прочное неразъемное соединение составных частей биметаллического инструмента. В некоторых случаях, например при изготовлении крупногабаритного инструмента (сверл, разверток, фрез) диаметром 30 мм, целесообразно применять сборный инструмент, в котором рабочая часть изготавливается в виде полого цилиндра, надеваемого на стержень из конструкционной стали. В этом случае рабочая часть, с целью экономии быстрорежущей или другой инструментальной стали, получается методом горячего выдавливания на оправке через профильную матрицу. Для успешного осуществления этого процесса необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования. В данной работе рассматриваются методика определения деформированного состояния заготовки и результаты исследования деформированного состояния заготовки крупногабаритного режущего инструмента.

Методика определения деформированного состояния режущего инструмента, полученного методами пластической деформации.

Для определения основных параметров и характеристик исследуемого или проектируемого процесса прессования применяются различные методы. Так, для получения данных о деформированном состоянии прессуемого металла применяют такой экспериментальный метод исследования характера течения металла, как метод координатной сетки, который применяется как на моделях, так и в производственных условиях прессования [1].

Сущность метода координатной сетки заключается в разделении заготовки по одной из профильных плоскостей симметрии на два равных полуцилиндра, на поверхность разреза которых наносят координатную сетку в виде продольных или поперечных канавок глубиной и шириной не менее 0,25–1,00 мм (в зависимости от размеров образцов), образующих квадраты или прямоугольники. В канавки, образующие сетки, закладывают проволоку или набивают их огнестойкой массой. Нанесенные ячейки сетки замеряют или фотографируют. Затем части заготовки составляются вместе и подвергаются прессованию, как цельное металлическое тело. После прессования заготовки разъединяются, а искаженная деформацией сетка измеряется.

Ввиду того, что поверхность разреза полуцилиндров является плоскостью симметрии, при одинаковых физических состояниях обоих полуцилиндров одновременная симметричная деформация их не может вызвать появления касательных напряжений в этой плоскости. Степень искажения плоскости разреза заготовки может служить качественным показателем совпадения плоскости сечения с главной плоскостью напряженно-деформированного состояния [2] и позволяет установить характер и количественные показатели происшедшей деформации.

Применяется также метод составных образцов, который заключается в том, что образец

для исследования делают составным из дисков или concentрических слоев исследуемого металла, а также из элементов других форм [3].

Метод вставок заключается в закладке в поверхностный слой образца вставок из металлов примерно одинаковой вязкости в условиях прессования [4].

Структурный метод заключается в изучении макро- и микрошлифов отдельных участков продольных и поперечных сечений отпрессованного образца вместе с прессостатком.

Поляризационно-оптический метод, или метод фотопластичности [5, 6], позволяет определить некоторые закономерности течения металла в процессах прессования, близких по своему состоянию к плоскодеформированному.

Метод твердости и структурный метод применять нецелесообразно, потому что деформация в реальном технологическом процессе осуществляется при температурах, превышающих порог рекристаллизации.

Наиболее целесообразно исследовать деформированное состояние прессуемых заготовок с использованием метода координатной сетки. При этом необходимо учитывать сложную конфигурацию режущего инструмента, который может иметь винтовые режущие грани, выполняться не только цельным, но и пустотелым и др. С учетом этих особенностей была разработана следующая методика эксперимента.

В тонкостенный стакан (рис. 1, а) вставляются полуцилиндрические элементы (рис. 1, а, б), имеющие на боковой стенке ячейки высотой H_0 и шириной A_0 . На торцевой поверхности полуцилиндра наносится сетка, образующая concentрические полуокружности с радиусами R_1, R_2, \dots, R_n и 10 радиальных рисок, разбивающих полуокружности на 10 частей – т. е. угол $\gamma = 18^\circ$.

Эти полуцилиндры вставляются в стакан, чередуясь с элементами, не имеющими координатной сетки. Вторая половина образца аналогична вышеописанной. Риски, образующие координатную сетку, заполняются меловым порошком. Предложенная конструкция образца обеспечивает его разъем после деформации. Измерение элементов координатной сетки до деформации и после нее дает возможность оценить деформированное состояние по следующим параметрам.

1) Локальные вытяжки в различных сечениях по высоте образца (сечения I, II, III) на различном удалении от оси образца (сечения 1, 2, 3, ..., n):

$$\lambda = \ln \frac{H_0}{H_1}, \quad (1)$$

где H_0 и H_1 – высота ячеек соответственно до деформации и после деформации.

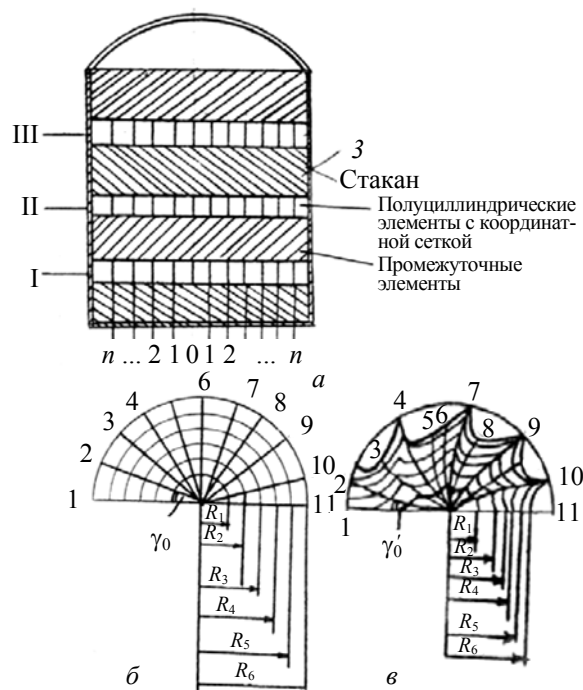


Рис. 1. Эскиз составной заготовки для исследования деформированного состояния крупногабаритного режущего инструмента:

а – тонкостенный стакан с полуцилиндрическими элементами; б – параметры координатной сетки на торце полуцилиндрического элемента; в – вид координатной сетки после деформации

2) Поперечные деформации (распределенные по тем же сечениям, что λ):

$$\beta = \ln \frac{A_0}{A_1}, \quad (2)$$

где A_0 и A_1 – ширина ячеек соответственно до деформации и после деформации.

3) Радиальные деформации в различных местах поперечного сечения и по высоте образца:

$$\delta = \ln \frac{R_n - R_{n-1}}{R'_n - R'_{n-1}}, \quad (3)$$

где значения радиальных размеров без штриха – до деформации, а со штрихом – после деформации.

4) Угол закручивания радиальных линий (этот параметр определяется только для винтового инструмента) на различном удалении от оси заготовки (т. е. на расстоянии $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) и на различных по высоте сечениях I, II, III:

$$\begin{aligned} \gamma_n &= f(I, II, III, \dots, N); \\ \gamma'_n &= f(1, 2, 3, \dots, n). \end{aligned} \quad (4)$$

Исследование деформированного состояния крупногабаритного режущего инструмента. Первоначально для исследования

деформированного состояния крупногабаритного режущего инструмента были использованы прошитые круглые заготовки, изготовленные из быстрорежущей стали Р6М5. Для изучения деформированного состояния при пластическом деформировании заготовок была использована описанная выше методика координатных сеток. Размеры ячеек сетки были приняты равными 2×2 мм. Предварительно сваренные части заготовок, на диаметральных плоскостях которых были нанесены сетки, подвергали выдавливанию на прессе при оптимальной для стали Р6М5 температуре 1320 К (1050°C) в диапазоне избранных степеней деформации (50–70%).

Измерения деформированной координатной сетки осуществляли с помощью оптического микроскопа с точностью 0,1 мм.

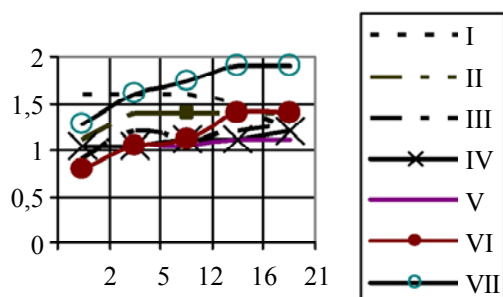


Рис. 2. Распределение частных деформаций вытяжки в режущем инструменте

Анализ экспериментальных данных пластического деформирования заготовок режущего инструмента с общей степенью деформации 80% показывает, что частные деформации вытяжки $\ln(b_0/b)$ распределены по длине относительно равномерно. Некоторое уменьшение частных деформаций вытяжек наблюдается в периферийных слоях заготовки, находящихся в процессе выдавливания в стадии неустановившегося течения. Небольшим деформациям вытяжки подвергаются наружные слои заготовки, что объясняется различными контактными условиями трения центральных и периферийных слоев.

Наибольшие радиальные деформации $\ln(a_0/a)$ наблюдаются в слоях, близких к наружной поверхности (V–VI и VI–VII), что объясняется влиянием внешнего сдвига, приводящего к дополнительным сдвиговым деформациям и деформациям вытяжки в поверхностных слоях, а следовательно, и к увеличению в них частных деформаций сжатия.

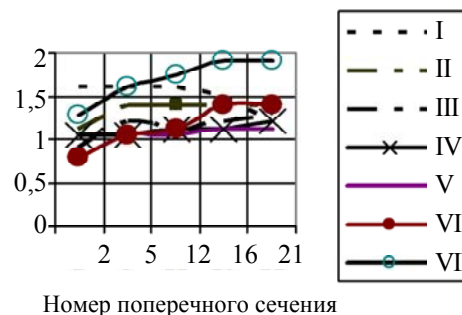


Рис. 3. Распределение частных радиальных деформаций в режущем инструменте

С удалением от переднего торца заготовки к прессуэжине радиальные деформации возрастают и достигают наибольших значений в зоне формирования прессуэжины.

Закключение. Исследования деформированного состояния заготовок режущего инструмента показали, что неравномерность частных деформаций незначительна как по длине, так и по сечению выдавленной заготовки. следовательно, при выбранных степенях деформации (до 80%) процесс деформирования заготовки осуществляется в стационарном режиме, без вероятности образования микро- и макротрещин, что обеспечивает получение качественного, высокопрочного инструмента.

Литература

1. Перлин, И. Л. Теория прессования металлов / И. Л. Перлин, Л. Х. Райтберг. – М.: Металлургия, 1975. – 446 с.
2. Смирнов-Аляев, Г. А. Экспериментальные исследования в обработке металла давлением / Г. А. Смирнов-Аляев, В. П. Чикидовский. – Л.: Машиностроение, 1972. – 358 с.
3. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением / В. Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1986. – 689 с.
4. Макушок, Е. М. Новые методы исследования процессов обработки металлов давлением / Е. М. Макушок. – Минск: Наука и техника, 1973. – 293 с.
5. Губкин, С. И. Фотопластичность / С. И. Губкин, С. И. Добровольский, Б. Б. Бойко. – Минск: Издательство АН БССР, 1957. – 165 с.
6. Воронцов, В. К. Фотопластичность. Применение метода к исследованию процессов обработки металлов давлением / В. К. Воронцов, П. И. Полухин. – М.: Металлургия, 1969. – 400 с.

Поступила 14.03.2012